

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа
Кафедра «Пожарная безопасность»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.Н. Минкин
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2017 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА
20.05.01 «Пожарная безопасность»

**Изучение углеводородного топлива методом инфракрасной спектроскопии
в целях пожарно-технической экспертизы**

Научный руководитель	_____	_____	<u>А.А. Шубин</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>В.А. Федина</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	_____	<u>М.В.Елфимова</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Консультанты:			
Часть БЖД		_____	<u>А.Н. Минкин</u>
		подпись, дата	инициалы, фамилия
Экономическая часть		_____	<u>С.Н. Масаев</u>
		подпись, дата	инициалы, фамилия
Нормоконтролер		_____	<u>О.В. Помолотова</u>
		подпись, дата	инициалы, фамилия

Красноярск 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Теоретическая часть	10
1.1 Пожарно-техническая экспертиза	10
1.2 Бензин и дизельное топливо как инициаторы горения	13
1.3 Методы идентификации углеводородного топлива	17
1.3.1 Флуориметрия.....	17
1.3.2 Хроматография	18
1.3.3 Инфракрасная спектроскопия.....	20
2 Исследовательская часть	25
2.1 Методика проведения исследования	25
2.2 Результаты и их обсуждения	28
2.2.1 Инфракрасный спектр бензина	28
2.2.2 Инфракрасный спектр поглощения дизельного топлива.....	31
3 Безопасность жизнедеятельности.....	35
3.1 Общая характеристика объекта	35
3.2 Микроклимат	36
3.3 Анализ условий проведения эксперимента в отношении возможных опасных и вредных факторов	36
3.4 Краткая физико-химическая и токсикологическая характеристика применяемых при исследовании веществ и материалов и меры для обеспечения безопасности при работе с этими веществами.	37
3.5 Расчет естественного освещения.	42
4 Экономическая часть	44
4.1 Смета затрат на проведение исследований	44
4.2 Расчет экономической эффективности применения метода инфракрасной спектроскопии.	48
Заключение	52
Список сокращений	53
Список использованной источников.....	54

Приложение А	56
Приложение Б.....	58
Приложение В	59

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа
Кафедра «Пожарная безопасность»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.Н. Минкин
«___» _____ 2016г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме дипломной работы**

Студенту Фединой Владиславе Альбертовне

Группа НГ12-02

Направление (специальность) 20.05.01 Пожарная безопасность

Тема выпускной квалификационной работы:

Изучение углеводородного топлива методом инфракрасной спектроскопии в целях пожарно-технической экспертизы.

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР: А.А. Шубин, кандидат химических наук, доцент кафедры «Пожарная безопасность» Института нефти и газа.

Исходные данные для ВКР:

- 1 Сведения о современных методах идентификации углеводородного топлива в пожарно-технической экспертизе ;
- 2 Химические характеристики углеводородного топлива.

Перечень разделов ВКР:

Введение;

1. Теоретическая часть;
2. Исследовательская часть;
3. Безопасность жизнедеятельности;
4. Экономическое обоснование работы;

Заключение;

Список использованных источников.

Руководитель ВКР

подпись

А.А. Шубин
инициалы, фамилия

Календарный график

Выполнение этапов ВКР

Наименование и содержание этапов	Срок выполнения
Сбор информации по объекту	21.03.2017 – 10.04.2017
Аналитическая часть, инженерные расчеты	11.04.2017 – 16.05.2017
Графическая часть	17.05.2017 – 01.06.2017

Руководитель ВКР

подпись

А.А. Шубин

инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

В.А. Федина

инициалы, фамилия

«___» _____ 2017г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Изучение углеводородного топлива методом инфракрасной спектроскопии в целях пожарно-технической экспертизы» содержит 54 страницы текстового документа, 3 приложения, 12 использованных источников, 5 листов графического материала.

ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО, БЕНЗИН, ИНФРАКРАСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ, ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА, ХЕМОМЕТРИКА, МЕТОД ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

Объект исследования: пожарно-техническая экспертиза.

Предмет исследования: углеводородное топливо.

Целью данной работы является создание методики идентификации углеводородного топлива в целях пожарно-технической экспертизы.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

- анализ исходных веществ, в качестве которых выбраны - бензин и дизельное топливо, методом ИК - спектроскопии;
- анализ спектральных данных методом главных компонент;
- разработка методики идентификации бензина и дизельного топлива.

Актуальность выбранной темы. Создание нового метода идентификации углеводородного топлива методом инфракрасной спектроскопии позволит формировать доказательную базу для расследования пожаров, подтвержденной причиной которых являлся поджог.

Заключение. Проведено ИК-спектроскопическое исследование веществ (бензинов марки АИ-92, АИ-95, АИ-98 и дизельного топлива).

На основании применения метода главных компонент, была создана классификация бензинов и дизельного топлива.

Реализован подход, позволяющий идентифицировать инициаторы горения, такие как бензин и дизельное топливо методом инфракрасной спектроскопии.

ВВЕДЕНИЕ

Каждый день в России происходит несколько сотен пожаров, десятки людей на них погибают, а сотни получают травмы. Необходимой мерой для борьбы с пожарами являются профилактические работы. Для выявления недостатков профилактики, наиболее важных проблем, возникающих при ее проведении, а также для выявления направлений, по которым следует усилить профилактические меры, необходимо расследовать пожары, в рамках чего установить причину возникновения пожара, а также лиц, виновных не только в его возникновении, но и в поддержании горения и его распространении.

Приоритетной задачей при расследовании пожара, несомненно, является определение причины его возникновения. Определение технической причины пожара – основная задача пожарно-технической экспертизы.

Все чаще с помощью пожарно-технической экспертизы удается выявлять криминальные следы на месте пожара. Сегодня поджог в России – один из наиболее простых методов сведения счётов, методов устрашения, давления на конкурента или иное неуютное лицо. Растет использование поджога как метода сокрытия другого преступления, так как вероятность раскрытия преступления после пожара, уничтожающего, по мнению злоумышленника, все следы, значительно сокращается. Подобная тенденция ведет к неукоснительному росту кривой нераскрываемости такого рода пожаров, поскольку вместе с ростом популярности поджогов среди криминальных элементов, растет и мастерство поджигателей, совершенствуются их методы, применяются новые поджигающие вещества.

Актуальность выбранной темы. Одним из самых доступных горючих веществ является - углеводородное топливо. Чтобы его приобрести, не требуется никаких документов и особых усилий, достаточно просто купить его на автозаправочной станции. Именно поэтому углеводородное топливо,

например, бензин и дизельное топливо так часто используют в качестве инициатора горения. Инициаторы горения - это вещества и материалы, свойства которых благоприятствуют возникновению и быстрейшему развитию горения. Они имеют небольшую экономическую стоимость, их не сложно найти, поэтому их часто используют злоумышленники для поджога.

Для раскрытия такого рода преступлений требуется разработка методов идентификации углеводородного топлива.

Объект исследования: пожарно-техническая экспертиза.

Предмет исследования: углеводородное топливо.

Цель исследования: разработка методики идентификации углеводородного топлива с помощью инфракрасной спектроскопии.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

- анализ исходных веществ, в качестве которых выбраны - бензин и дизельное топливо, методом ИК - спектроскопии;
- анализ спектральных данных методом главных компонент;
- разработка методики идентификации бензина и дизельного топлива.

В результате получены ИК-спектры бензина и дизельного топлива, с помощью метода главных компонент построены калибровочные зависимости. Установлен количественный состав проверочного образца, используя калибровочные зависимости, и проведена оценка некоторых метрологических параметров.

Данный подход позволяет проводить количественное определение компонентов в смеси бензина в рамках пожарно-технической экспертизы.

1 Теоретическая часть

1.1 Пожарно-техническая экспертиза

Экспертиза – это любое исследование, проводимое сведущим лицом для ответа на вопросы, требующие специальных знаний.

Экспертиза пожаров – это комплекс специальных познаний, необходимых для исследования места пожара, отдельных конструкций, материалов, изделий и их обгоревших остатков с целью получения информации, необходимой для установления очага пожара, его причины, путей распространения горения, установления природы обгоревших остатков, а также решения некоторых других задач, возникающих в ходе исследования и расследования пожара.

Пожарно-техническая экспертиза входит в класс инженерно-технических экспертиз (всего 12 классов).

Пожарно-техническая экспертиза дает возможность:

- установить техническую причину пожара
- пути распространения огня и тепловых потоков на пожаре
- соответствие оборудования, изделий и материалов нормам ПБ

Цель пожарно-технической экспертизы- исследование технологических, технических, организационных и иных причин и условий возникновения, характера протекания пожара и его последствий, установление материального ущерба от пожара.

Задачи пожарно-технической экспертизы:

- определение следов теплового воздействия на конструкции, материалы и оборудование при пожаре с целью установления места, времени возникновения первоначального горения (очага пожара, особенности горения в очаге, направление распространения горения из очага)
- определение технической причины возгорания
- исследование условий и особенностей развития горения

-установление имевших место нарушений правил ПБ, СНиП (в части противопожарных требований), ПУЭ

-определение причинно-следственной связи между возможными выявленными нарушениями и возникновением горения, его развитием и последствиями

-выяснение особых обстоятельств, способствующих возникновению и развитию пожара

К задачам ПТЭ не относится:

Определение условий, средств, способов и особенностей подавления процессов горения, анализ тактических методов и приемов пожаротушения, боевого использования техники.

На разных стадиях расследования пожаров дело ведут 3 пожарных специалиста:

- дознаватель
- специалист
- пожарно-технический эксперт

Статистика пожаров в РФ за первое полугодие 2016 года (по данным МЧС).[1]

С января по март 2017 г. В России произошло 31665 пожаров, погибли 2470 человек и получили травмы 2413 человек. Прямой материальный ущерб от пожаров составил 3104154 тыс. рублей.

Основные причины пожаров:

- неосторожное обращение с огнем – 8184 пожара;
- в т.ч. шалость детей с огнем – 267 пожаров;
- нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов – 107 пожаров;
- неисправность и нарушение правил эксплуатации печного отопления – 6604 пожара;
- поджоги – 2316 пожаров;

- нарушение правил пожарной безопасности при проведении электрогазосварочных работ – 177 пожаров;
- неисправность производственного оборудования, нарушение технологического процесса производства – 107 пожаров;
- самовозгорание веществ и материалов – 63 пожаров;
- взрывы – 16 пожаров;
- прочие причины пожаров – 3304 пожаров;
- не установленные – 727 пожаров.

Доля пожаров, установленной причиной которых являлся поджог, составила около 8 % от общего числа возгораний. А прямой материальный ущерб составил 439206 тыс. рублей.

Для формирования доказательной базы и установления причины пожара, как правило, осуществляется отбор образцов для проведения исследования. Определенный набор веществ и материалов, которые обнаруживаются на месте пожара, например, такие как: бензин, керосин, солярка и прочие, позволяют делать вывод о причинах его возникновения, т.е. о поджоге.

При рассмотрении дел о поджоге важно достоверно подтвердить соответствия отобранных образцов ЛВЖ и ГЖ, использованных в качестве инициаторов горения. Идентификация веществ, в рамках пожарно-технической экспертизы, может проводиться несколькими методами, в зависимости от их природы. Поэтому целесообразно более подробно рассмотреть, в частности, углеводородное топливо, которое может использоваться в качестве инициатора горения при поджоге, и методы его анализа.

1.2 Бензин и дизельное топливо как инициаторы горения

Вещества, которые могут быть использованы как средства поджога, в литературе принято называть ускорителями (акселерантами) или инициаторами горения. Эти вещества используются как сами по себе, так и в составе смесей, а также в технических средствах (устройствах) для поджога. Здесь и далее применяется термин «инициатор горения», хотя некоторые специалисты считают более предпочтительным называть данные вещества «интенсификаторами» или «ускорителями» горения, аргументируя свое мнение тем, что под термином «инициатор горения» должен пониматься непосредственный источник зажигания, а не вещество, способствующее быстрейшему развитию горения. Термин «инициатор горения» можно считать более широким, а потому более подходящим во многих случаях.

Инициаторы горения можно условно разделить на две группы:

I. Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ЛВЖ, ГЖ).

II. Специальные составы.

Поджигателями гораздо чаще применяются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ЛВЖ и ГЖ). Использование отдельных видов ЛВЖ и ГЖ при поджогах обусловлена, прежде всего, доступностью этих жидкостей для злоумышленника. Анализ материалов дознания по пожарам показывает, что для поджогов применяются: бензин, керосин осветительный, дизельное топливо, то есть светлые нефтепродукты; растворители лаков и красок и прочие.

При экспертном исследовании после пожара остатков ЛВЖ и ГЖ, решаются, как известно, диагностические и идентификационные задачи. Диагностические задачи подразумевают, во-первых, обнаружение на месте пожара следов ЛВЖ и ГЖ и, во-вторых, установление их групповой принадлежности, типа, марки.

Идентификационные задачи включают подробный анализ химического состава обнаруженных ЛВЖ, ГЖ и сравнение их с конкретными аналогами для установления их общности. Для этих задач необходимо создать четкое представление о типах, группах, видах, отдельных представителях анализируемых объектов и их индивидуальных характеристиках. Не менее важно иметь сведения о возможном составе и свойствах, мешающих определению инициаторов горения случайных веществ.

Легковоспламеняющиеся жидкости - это жидкости, выделяющие пары при температуре 61°C и ниже, например, этиловый эфир, бензин, ацетон, спирт.

Горючие жидкости - это жидкости, температура вспышки которых превышает 61°C . Тяжелые нефтепродукты, такие как дизельное топливо и мазут, считаются горючими жидкостями. Диапазон температур вспышки этих жидкостей 61°C и выше.

Бензин — представляет собой смесь углеводородов состоящих в основном из предельных 25-61 %, непредельных 13-45%, нафтеновых 9-71 %, ароматических 4-16 % углеводородов с длиной молекулы углеводорода от C_5 до C_{10} и числом углеродных атомов от 4-5 до 9-10 со средней молекулярной массой около 100Д. Так же в состав бензина могут входить примеси — серо-, азот- и кислородсодержащих соединений.

Бензин — это самая легкая фракция из жидких фракций нефти. Эту фракцию получают в ходе процессов возгонки нефти. Поэтому от фракционного состава бензинов зависят легкость и надежность пуска двигателя, полнота сгорания, длительность прогрева, приемистость автомобиля и интенсивность износа деталей двигателя. Фракционный состав бензинов определяется согласно ГОСТ 2177-99.

Бензины — легковоспламеняющиеся бесцветные или слегка желтые (при отсутствии специальных добавок) жидкости, имеющие плотность 700-780 кг/м^3 . Бензины имеют высокую летучесть, и температуру вспышки в

пределах 20-40 градусов по Цельсию. Температура кипения бензинов находится в интервале от 30 до 200 °С. Температура застывания — ниже минус 60 градусов. При сгорании бензинов образуется вода и углекислый газ. При концентрациях паров в воздухе 70—120 г/м³ образуются взрывчатые смеси.

Автомобильные бензины в силу своих физико-химических характеристик должны обладать следующими свойствами:

- однородность смеси;
- плотность топлива — при +20 °С должна составлять 690...750 кг/м³;
- небольшую вязкость — с ее увеличением затрудняется протекание топлива через жиклеры, что ведет к обеднению смеси. Вязкость в значительной степени зависит от температуры. При изменении температуры от +40 до -40 °С расход бензина через жиклер меняется на 20...30%;

- испаряемость — способность переходить из жидкого состояния в газообразное. Автомобильные бензины должны обладать такой испаряемостью, чтобы обеспечивались легкий пуск двигателя (особенно зимой), его быстрый прогрев, полное сгорание топлива, а также исключалось образование паровых пробок в топливной системе;

- давление насыщенных паров — чем выше давление паров при испарении топлива в замкнутом пространстве, тем интенсивнее процесс их конденсации. Стандартом ограничивается верхний предел давления паров летом — до 670 ГПа и зимой — от 670 до 930 ГПа. Бензины с более высоким давлением склонны к образованию паровых пробок, при их использовании снижается наполнение цилиндров и теряется мощность двигателя, увеличиваются потери от испарения при хранении в баках автомобилей и на складах;

- низкотемпературные свойства — способность бензина выдерживать низкие температуры;

- сгорание бензина.

Под "сгоранием" применительно к автомобильным двигателям понимают быструю реакцию взаимодействия углеводородов топлива с кислородом воздуха с выделением значительного количества тепла. Температура паров при горении достигает 1500...2400 °С.

Присадки — вещества, добавляемые (обычно в количествах 0,05-0,1%) к топливам, минеральным и синтетическим маслам для улучшения их эксплуатационных свойств. К присадкам относятся, антидетонаторы, антиокислители, ингибиторы коррозии и др.

Дизельное топливо — это продукт, используемый в качестве топлива в дизельном двигателе. Это топливо получается при перегонке нефти из керосиново-газойлевых фракций. Дизельное топливо само по себе представляет вязкую и трудноиспаряемую жидкость, которая состоит, в большей степени, из углерода. Также в ее составе присутствуют такие элементы как водород, кислород, сера и азот.

В разговорном языке часто используется другое название дизельного топлива — солярка. Оно происходит из немецкого слова Solarol (солнечное масло) — так ещё в XIX веке называли фракцию желтоватого цвета, образующуюся при перегонке нефти.

Область применения дизельного топлива весьма обширна. Это транспорт, дизельные электростанции, сельскохозяйственная и военная техника. Также дизельное топливо (солярка) используется в качестве топлива для котельных.

Дизельное топливо бывает: дистиллятное маловязкое — для высокооборотных автомобильных двигателей; и высоковязкое остаточное — для низкооборотных (судовых, тракторных, стационарных и др.) двигателей и котельных установок. Вязкое топливо является смесью мазутов с керосиново-газойлевыми фракциями.

Дизельное топливо классифицируется по качеству и сезонности, подразделяется на марки в зависимости от его характеристик.

1.3 Методы идентификации углеводородного топлива

1.3.1 Флуориметрия

Флуориметрия — это метод элементного и молекулярного анализа, основанный на способности органических и неорганических веществ (атомов, ионов и более сложных частиц) флуоресцировать, т. е. поглощать излучение от источника и снова его излучать (светиться, люминесцировать) при большей длине волны в результате перехода электронов из возбужденного состояния в нормальное. Количественное определение веществ основано на зависимости интенсивности флуоресценции от концентрации вещества в пробе. Принцип измерения состоит в облучении пробы излучением УФ-области и измерении спектра флуоресценции с помощью фотодетектора.

Флуориметрия, относящаяся к методам эмиссионной спектроскопии, характеризуется высокой чувствительностью — в 100—10 000 раз превышающей чувствительность абсорбционных оптических методов. Метод пригоден для измерения очень малых концентраций веществ. Он более селективен, так как флуоресцируют меньшее число соединений по сравнению с числом соединений, способных поглощать излучение.

Флуориметрию применяют для количественного определения полициклических органических соединений, металлоорганических соединений, витаминов, белков, нитратов, нитритов, сульфидов, цианидов, токсичных металлов.

Применение метода флуоресцентной спектроскопии для исследования ЛВЖ, ГЖ основано на способности некоторых органических молекул, входящих в состав этих жидкостей, флуоресцировать под воздействием излучения в ультрафиолетовой и видимой частях спектра. Такими компонентами в кругу изучаемых жидкостей являются полициклические

ароматические углеводороды, некоторые присадки к моторным топливам, а также смолистые компоненты, образующиеся в результате термического преобразования как самих ЛВЖ, ГЖ, так и органических компонентов объектов носителей. При этом отсутствие флуоресценции тоже может быть диагностическим признаком. Например, по этому параметру можно различать бензины-растворители и моторные бензины.

Преимуществом метода флуориметрии является высокая чувствительность (на один-два порядка выше, чем спектрофотометрия), что делает его более применимым для определения микропримесей.

К недостаткам метода можно отнести то, что спектры флуоресценции не специфичны. Это означает, что даже если в анализируемом образце обнаруживается ЛВЖ, то идентифицировать его методом флуориметрии не представляется возможным. Поэтому в рамках пожарно-технической экспертизы этот метод является весьма ограниченным.

1.3.2 Хроматография

Хроматография – наиболее распространённый, надёжный и универсальный метод разделения самых разнообразных смесей. Преимущества хроматографии перед другими методами разделения состоят в высокой разделяющей способности и возможности разделения небольших количеств веществ.

Являясь высокоэффективным и высокоселективным методом, препаративная хроматография незаменима при разделении сложных объектов, содержащих множество индивидуальных веществ с близкими физико-химическими характеристиками (нефть, лекарственные препараты, вещества растительного происхождения, кровь и т. д.). Так, в препаративных целях для очистки химических веществ либо выделения индивидуальных соединений широко используется газовая хроматография.

Метод газовой хроматографии получил наибольшее распространение, поскольку для него наиболее полно разработаны теория и аппаратное оформление.

Газовая хроматография – это гибридный метод, позволяющий одновременно проводить и разделение, и определение компонентов смеси. В качестве подвижной фазы (газаносителя) используют газы, их смеси или соединения, находящиеся в условиях разделения в газообразном или парообразном состоянии.

В качестве неподвижной фазы используют твёрдые сорбенты (газоадсорбционная хроматография) или жидкость, нанесённую тонким слоем на поверхность инертного носителя (газожидкостная хроматография).

Достоинства газовой хроматографии:

- возможность идентификации и количественного определения индивидуальных компонентов сложных смесей;
- возможность изучения различных свойств веществ и физико-химических взаимодействий в газах, жидкостях и на поверхности твёрдых тел;
- высокая чёткость разделения и быстрота процесса;
- возможность исследования микропроб и автоматической записи результатов;
- возможность анализа широкого круга объектов – от лёгких газов до высокомолекулярных органических соединений;
- возможность выделения чистых веществ в препаративном и промышленном масштабе

К недостаткам метода можно отнести:

- необходима высокая квалификация специалистов, осуществляющих анализ;
- достаточно высокая стоимость оборудования и расходных материалов;

- проведения анализа сопровождается достаточно сложными операциями пробоподготовки;
- относительно продолжительное время анализа, которое может достигать от 40 до 120 мин.

1.3.3 Инфракрасная спектроскопия

Метод ИК-спектроскопии используется в экспертной практике для установления природы (функционального состава) изъятых с места пожара веществ и материалов:

- каменных неорганических, изготовленных безобжиговым методом на основе цемента, извести, гипса (бетон и железо-бетон, силикатный кирпич, штукатурка, теплоизоляционные материалы и т.д.);
- органических и композитных материалов и их обгоревших остатков (полимерных материалов, лакокрасочных покрытий, тканей и др.);
- легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, использованных при поджогах.

ИК-спектроскопия применяется для решения идентификационных задачи при исследовании твердых и жидких веществ и материалов. Метод дает качественную оценку температуры и степени термического разложения материала по внешнему виду спектра - наличию в нем соответствующих полос поглощения и их интенсивности и производить количественную оценку степени термического поражения проб материалов для выявления зон термических поражений на месте пожара, используя спектральные критерии.

Колебательные спектры обладают высокой специфичностью и широко используются для идентификации веществ. Каждому веществу присущ свойственный только ему набор полос и не существует двух веществ, которые имели бы одинаковые колебательные спектры. В настоящее время имеются атласы ИК-спектров для различных классов органических,

элементоорганических и неорганических веществ, в которых указаны условия подготовки образцов и регистрации спектров, а также модели спектрометров.

Идентификация неизвестного вещества по ИК-спектру заключается в сопоставлении спектра исследуемого вещества с эталонным спектром, приведенным в атласе. Учитывая, что колебательные спектры, зарегистрированные на различных спектрометрах или в различных условиях, могут отличаться между собой, важнейшим условием сравнения спектров является стандартизация условий их регистрации.

Совпадение спектральной кривой исследуемого вещества со спектральной кривой эталона свидетельствует об идентичности двух веществ. Отсутствие в спектре исследуемого вещества полос, наблюдаемых в спектре образца сравнения, однозначно указывает на то, что эти вещества различны. Присутствие в спектре исследуемого вещества большего числа полос по сравнению со спектром эталона может быть объяснено как загрязнением исследуемого вещества, так и различием обоих веществ.

При идентификации молекул органических веществ особое внимание уделяют области спектра $1300 - 600 \text{ см}^{-1}$. В эту область попадают полосы, отвечающие колебаниям связей C-C, C-N, C=O, а также многие деформационные колебания. В результате сильного взаимодействия этих колебаний отнесение полос к отдельным связям невозможно, однако весь набор полос в этой области спектра является характеристикой ядерного состава (скелета) молекулы в целом. Эту область называют областью отпечатков пальцев (фингерпринтов). По колебательным спектрам в этой области можно идентифицировать даже изомеры.

Колебательную спектроскопию используют также для количественного определения органических веществ. Определение одного вещества методом ИК-спектроскопии базируется на основном законе светопоглощения, а анализ смесей веществ использует, кроме того, закон

аддитивности оптических плотностей. Пределы обнаружения веществ методом ИК-спектроскопии достаточно высоки.

Метод инфракрасной спектроскопии позволяет выявлять наличие неуглеводородных компонентов в составе анализируемых ЛВЖ, ГЖ и диагностировать их по полосам поглощения соответствующих функциональных групп. С другой стороны, отсутствие указанных полос поглощения доказывает присутствие в смеси только углеводородных компонентов, и позволяет относить анализируемый объект к нефтепродуктам.[4]

Главным недостатком метода является- перекрывание полос поглощения отдельных компонентов в смесях, но с помощью хемометрики эта проблема может успешно быть решена.

Хемометрика- это применение математических, статистических, графических и символьных методов для увеличения извлекаемой химической информации из спектральных данных. Хемометрика использует математические и статистические методы, чтобы улучшить понимание химической информации, обеспечивая спектроскопистов эффективными методами решения проблемы калибровки спектральных данных. В хемометрике существует базовый подход- метод главных компонент.

Метод Главных Компонент (англ. Principal Components Analysis, PCA) — один из основных способов уменьшить размерность данных, потеряв наименьшее количество информации. Изобретен К. Пирсоном (англ. Karl Pearson) в 1901 г. Применяется во многих областях, таких как распознавание образов, компьютерное зрение, сжатие данных и т. п.

Вычисление главных компонент сводится к вычислению собственных векторов и собственных значений ковариационной матрицы исходных данных или к сингулярному разложению матрицы данных. Иногда метод главных компонент называют преобразованием Кархунена-Лоэва (англ. Karhunen-Loeve) или преобразованием Хотеллинга (англ. Hotelling transform).

Метод главных компонент — наиболее популярный метод сокращения размерности во многих приложениях, в том числе в следующих областях:

- Визуализация данных;
- Компрессия изображений и видео;
- Подавление шума на изображениях;
- Индексация видео;
- Биоинформатика;
- Хемометрика;
- Психодиагностика;
- Общественные науки (включая политологию);
- Сокращение размерности динамических моделей (в том числе — в вычислительной гидродинамике).

Метод главных компонент позволяет сократить количество данных без потери нужной информации. Полученные в результате обработки линейные комбинации измеренных величин сохраняют максимальный разброс данных, но число таких комбинаций значительно меньше, чем число величин в каждом эксперименте.

С математической точки зрения метод главных компонент — это декомпозиция исходной 2D-матрицы X , то есть представление ее в виде произведения двух 2D-матриц T и P

$$X = TP^t + E = \sum_{a=1}^A t_a p_a^t + E. \quad (1.1)$$

где T - матрица счетов (scores); P - матрица нагрузок (loadings); E - матрица остатков (рисунок 1). Число столбцов t_a в матрице T и p_a в матрице P равно эффективному (химическому) рангу матрицы X . Величина A называется числом главных компонент (PC), и она, естественно, меньше числа столбцов в матрице X .

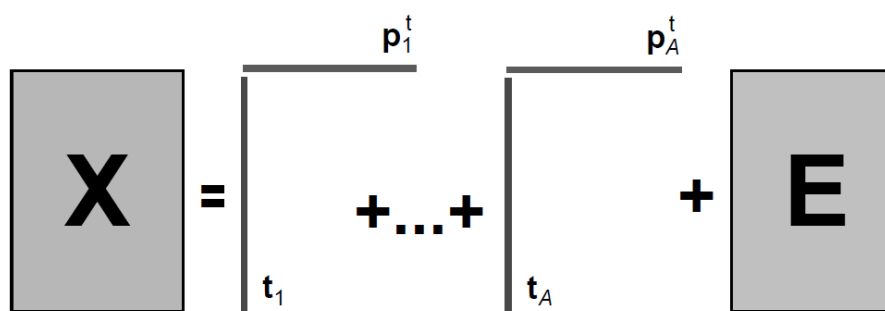


Рисунок 1 – Графическое представление метода главных компонент

В связи с этим работа посвящена разработке методики Ик-спектроскопической идентификации бензина и дизельного топлива, выступающих в качестве инициаторов горения, в целях пожарно-технической экспертизы.

Поставлены цель и задачи.

Цель исследования: разработка методики идентификации углеводородного топлива с помощью инфракрасной спектроскопии.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

- анализ исходных веществ, в качестве которых выбраны - бензин и дизельное топливо, методом ИК - спектроскопии;
- анализ спектральных данных методом главных компонент;
- разработка методики идентификации бензина и дизельного топлива.

2 Исследовательская часть

2.1 Методика проведения исследования

Для разработки методики идентификации бензинов и дизельного топлива методом инфракрасной спектроскопии были использованы бензины разных марок. Сведения о времени, дате, и месте отбора материала указаны в таблице 1.

Таблица 1-Сведения об использованных материалах

Материал	Место отбора пробы	Время отбора пробы, чч:мм	Дата отбора пробы чч.мм.гг.
92 бензин АЗС «25 часов»	Г. Красноярск Мкр. Покровский, АЗС №18 Ул. Караульная 36	23:00-23:30	09.04.17
95 бензин АЗС «25 часов»			
98 бензин АЗС «25 часов»			
92 бензин АЗС «Газпромнефть»	г. Железногорск АЗС №1 Ул. Енисейская 40/2	14:00-14:30	23.04.17
95 бензин АЗС «Газпромнефть»			
95 GD бензин АЗС «Газпромнефть»			
98 GD бензин АЗС «Газпромнефть»			
92 бензин АЗС «Сангилен+»	Г. Красноярск Мкр. Советский Ул. Авиаторов 2а ст3	10:30-11:00	04.05.17
95 бензин АЗС «Сангилен+»			
98 бензин АЗС «Сангилен+»			
95 бензин АЗС «Лукойл»			
Дизельное топливо АЗС «Омск»	ПГТ Подгорный Ул Боровая	15:10	23.04.17

В работе использован ИК-Фурье-спектрометр Nicolet 380 (Thermo Scientific, США) (рисунок 2).

Прибор предназначен для ИК-спектроскопического исследования твердых, жидких и газообразных проб. Спектрометр позволяет проводить анализ состава и контроль качества смазочных масел, топливных смесей, фармпрепаратов, полимеров, строительных материалов, лакокрасочных составов, высокочистых веществ. Прибор укомплектован набором приставок, позволяющих повысить экспрессность и качество анализа.



Рисунок 2 – Общий вид ИК-Фурье спектрометра Nicolet 380

Основные технические характеристики:

- спектральный диапазон: $7800\text{--}375\text{ см}^{-1}$;
- уровень шумов 100 000:1;
- точность по волновому числу $0,01\text{ см}^{-1}$;
- скорость сканирования $0,158\text{--}6,330\text{ см}^{-1}/\text{с}$;
- высокостабильные источник инфракрасного излучения ETS

EverGlo и оптическая система Pinned-in-place;

- универсальное программное обеспечение OMNIC, позволяющее проводить сбор и обработку данных, а также идентификацию соединений по встроенным библиотекам ИК-спектров, общим объемом более 150 000 спектров.

Подготовка пробы.

Для того чтобы исследовать вещество методом ИК - спектроскопии, необходимо последовательно провести следующие виды работ: приготовление образца, регистрацию его спектра и расшифровку последнего.

Все эти этапы исследования одинаково важны, и недооценка каждого из них приводит к серьезным ошибкам. Если опытный образец приготовлен неправильно или же взят в недостаточном количестве, то удовлетворительный спектр получить нельзя. Вот почему подбору методики приготовления образца в зависимости от объекта и целей исследования следует уделять особое внимание.

Ход работы.

1. Поместить каплю исследуемого нефтепродукта между двумя окнами разборной кюветы из BaF_2 .
2. Закрепить их в держателе и установить в рабочий канал ИК спектрометра.
3. Подобрать толщину поглощающего слоя исследуемых образцов нефтепродукта и произвести съемку ИК спектров в области $1300\text{--}1500\text{ см}^{-1}$ и $2800\text{--}3000\text{ см}^{-1}$.
4. Определить по спектру волновые числа полос поглощения анализируемых веществ. Оценить из спектров величины пропускания, поглощения и оптической плотности полос поглощения.
5. По таблицам характеристических частот, взятых из литературы, сделать отнесение полос поглощения анализируемых нефтепродуктов и установить какие химические связи и атомные группировки присутствуют в молекулах исследуемых соединений.
6. Результаты по обработке и расшифровке спектра представить в виде таблицы.

2.2 Результаты и их обсуждения

2.2.1 Инфракрасный спектр бензина

На рисунке 3 приложен ИК-спектр бензина АИ-95 (АЗС «25 часов»). На спектре проявляется серия полос поглощения, которая характеризует исследуемый образец. Следует отметить, что подобный профиль спектра характерен, в той или иной мере, для всех изученных бензинов. Отличия проявляются только в изменении соотношения отдельных полос поглощения в спектре. Поэтому описание спектров бензинов проводится на примере бензина марки АИ-95 (АЗС «25 часов»).

Полосы поглощения в областях $2800-3000\text{ см}^{-1}$ и $1300-1500\text{ см}^{-1}$ (рисунок 4 и 5, соответственно) согласно [2] отвечают валентным и деформационным колебаниям связи С-Н для структурных групп $-\text{CH}_3$ и $-\text{CH}_2-$. Наличие данных полос поглощения в ИК-спектре образца является констатацией факта, что бензин относится к углеводородам.

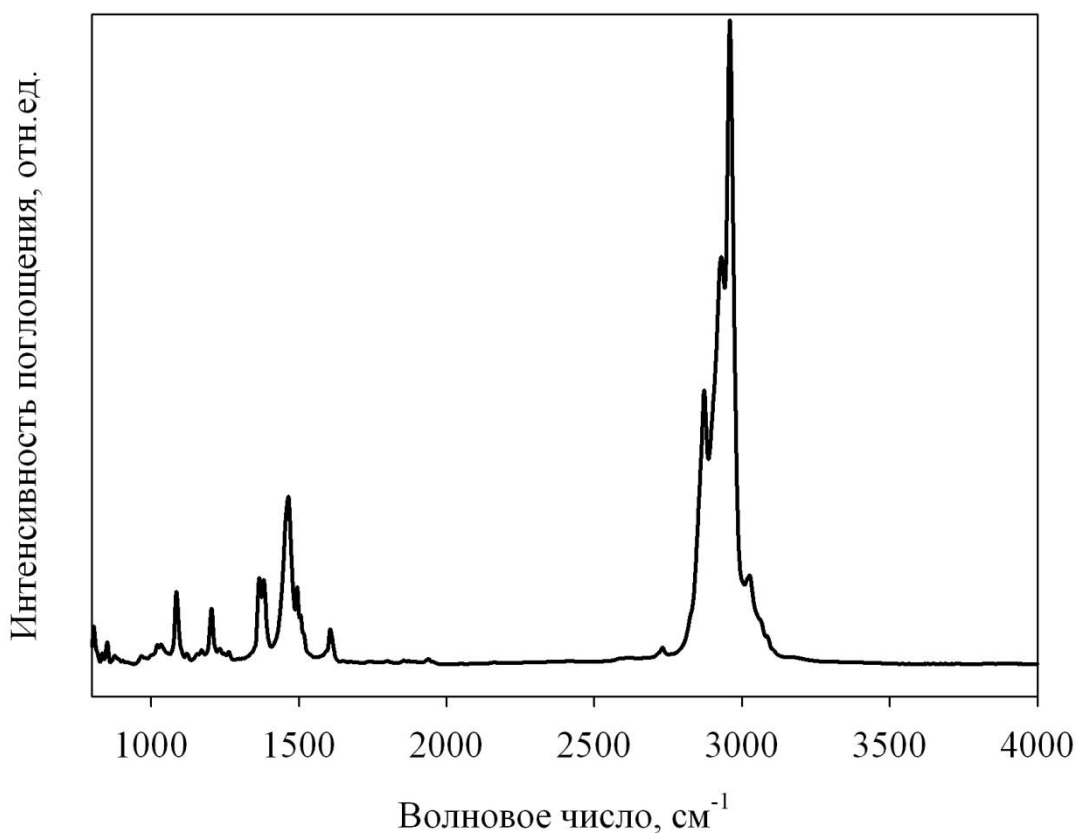


Рисунок 3 ИК-спектр поглощения бензина АИ-95 (АЗС «25 часов»)

В области спектра $800-1200\text{ см}^{-1}$ отмечается совокупность полос средней и малой интенсивности (рисунок 5). В этой спектральной области проявляются различные колебания молекул, в том числе и скелетные колебания молекулы углеводородов. Однозначной интерпретации эти полосы поглощения не поддаются в силу их значительного взаимного перекрывания. В целом сложный спектральный профиль этой области является индивидуальной особенностью каждого вещества и используется для его идентификации.

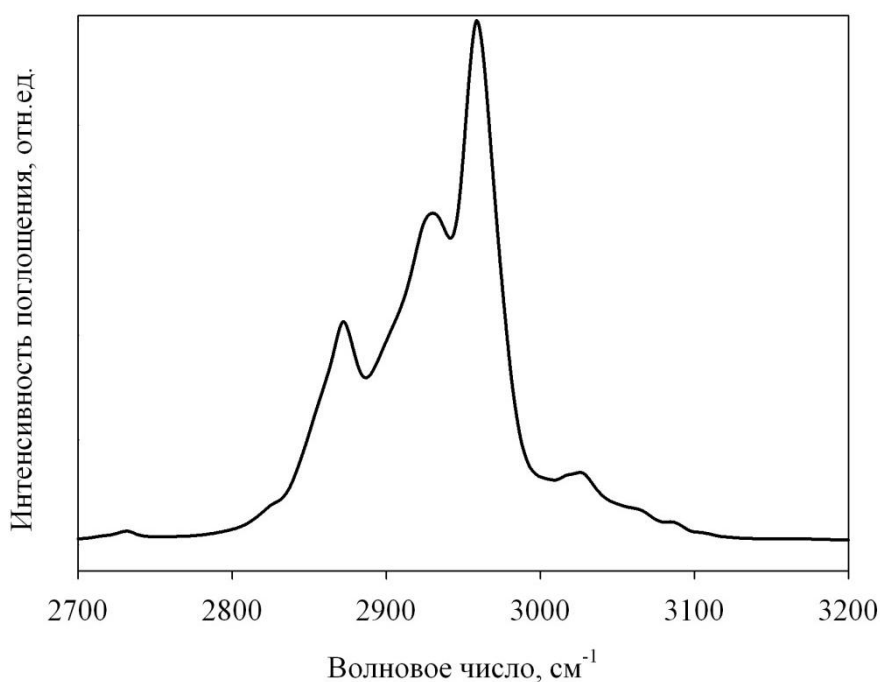


Рисунок 4- ИК-спектр поглощения бензина АИ-95 (АЗС «25 часов») в диапазоне $2700-3200\text{ см}^{-1}$

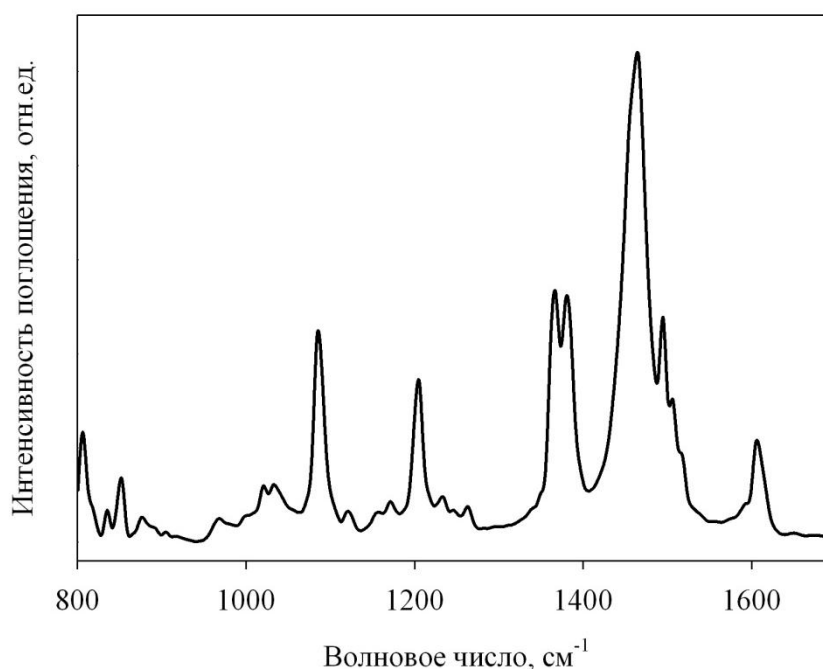


Рисунок 5- ИК-спектр поглощения бензина АИ-95 (АЗС «25 часов») в диапазоне 800-1700 см^{-1}

На спектре можно также выделить наличие полос поглощения при 1500-1700 см^{-1} и 3000-3100 см^{-1} (рисунок 4 и 5, соответственно). Полосы при 1500 - 1700 см^{-1} свидетельствуют о наличии в исследуемом веществе ароматических соединений. При этом полосы поглощения в области 3000-3100 см^{-1} свойственно для соединений с сопряженной связью $\text{C}=\text{C}$ -. Все это соответствует сложному составу бензинов и, можно отметить, что наблюдаемый спектральный профиль может позволить эффективно идентифицировать бензин среди других, рассматриваемых в работе, веществ, в том числе и нефтепродуктов. В целом из рассмотренных спектральных особенностей можно выделить признаки, по которым возможно идентифицировать исследуемый образец как бензин и определять его марку.

Таким образом, выявление соответствующих полос поглощения в ИК-спектре исследуемого образца и сопоставление их относительных интенсивностей можно использовать как основу для методики идентификации методом ИК-спектроскопии

2.2.2 Инфракрасный спектр поглощения дизельного топлива

На рисунке 6 приставлен ИК-спектр дизельное топливо (АЗС «Омск»). Дизельное топливо представляют собой сложную многокомпонентную органическую систему, состоящую, в основном, из алифатических углеводородов. В связи с этим, на полученном спектре можно выделить характерные интервалы полос поглощения, отвечающие за колебания связей С-Н в структурных группах CH_2 и CH_3 .

На интервале $2800 - 3000 \text{ см}^{-1}$ спектр дизельного топлива расположены три пика. Первые два пика характеризует валентные колебания связи С-Н для $-\text{CH}_2-$, а последний для $-\text{CH}_3$. То есть, по наличию полос поглощения в этом интервале мы можем утверждать, что исследуемый образец содержит в своём составе углеводороды, а, исходя из значений интенсивности, судить об их концентрации.

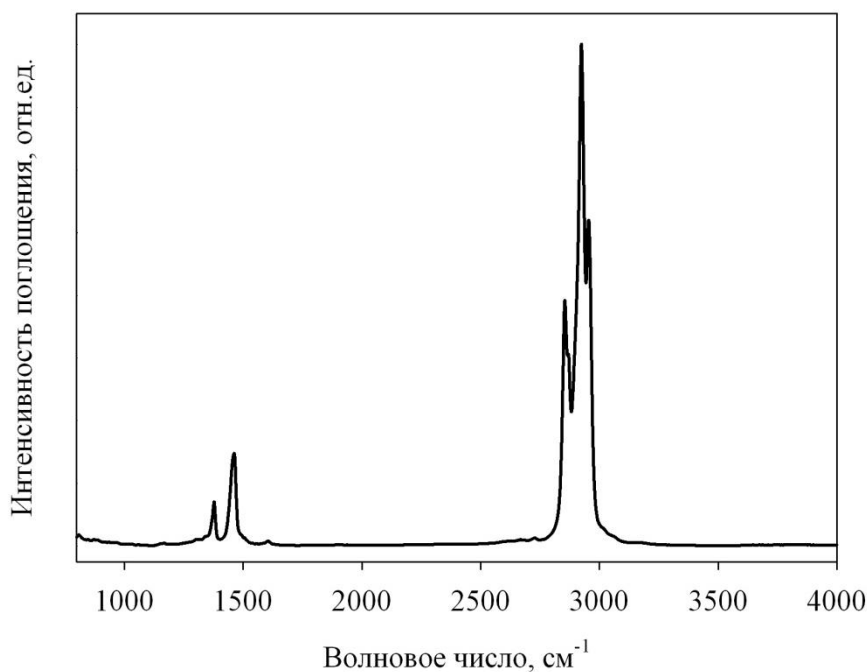


Рисунок- 6 ИК-спектр поглощения дизельного топлива (АЗС «Омск»)

Рассмотрение следующего спектрального интервала, $1300 - 1750 \text{ см}^{-1}$, позволяет выделить два, относительно интенсивных, пика поглощения.

Наличие полос поглощения в диапазоне частот 1370-1380 см^{-1} свидетельствует о деформационных колебаниях связи С-Н для $-\text{CH}_3$ [3]. Значение частоты для второго пика соответствует двум видам деформационных колебаний связи С-Н для $-\text{CH}_3$ (ас.) и $-\text{CH}_2-$.

Исходя из предложенного описания спектра, следует заключить, что в спектре дизельного топлива существуют отличительные признаки, по которым можно предположительно идентифицировать образец.

Для реализации метода главных компонент, который предложен для реализации классификационной спектральной задачи, обрабатываются интенсивности ИК-спектров для предварительно выбранных 35 значений волновых чисел. Пример набора значений интенсивностей спектров для всех рассматриваемых смесей представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Полосы поглощения, наблюдаемые в индивидуальных компонентах.

Волновое число, см^{-1}	Бензины			Дизельное топливо
	АИ-92	АИ-95	АИ-98	
806	+	+	+	+
835	+	+	+	-
850	-	+	+	-
875	+	+	+	-
892	+	+	+	-
904	+	+	+	-
966	+	+	+	-
999	+	+	+	-
1022	+	+	+	-
1029	+	+	+	-
1037	+	+	+	-
1051	+	+	+	-
1085	-	+	+	-
1120	+	+	+	-
1155	+	+	+	-
1170	+	+	+	-
1203	-	+	+	-
1232	+	+	+	-
1263	+	+	+	-
1365	+	+	+	-
1378	+	+	+	+

Окончание таблицы 2- Полосы поглощения, наблюдаемые в индивидуальных компонентах.

Волновое число, см ⁻¹	Бензины			
	АИ-92	АИ-95	АИ-98	
1463	+	+	+	+
1496	+	+	+	-
1506	+	+	+	-
1513	+	+	+	-
1606	+	+	+	+
1799	+	+	+	-
1855	+	+	+	-
1938	+	+	+	-
2730	+	+	+	-
2871	+	+	+	+
2927	+	+	+	+
2958	+	+	+	+
3027	+	+	+	-
3087	+	+	+	-

С использованием выбранного набора волновых чисел, сформирована таблица интенсивностей исследуемых образцов бензинов и дизельного топлива (Приложение А).

На основании этих сформированной совокупности спектральных данных, после проведения декомпозиции по алгоритму метода главных компонент, получены матрицы счета (Т) и нагрузок (Р). Для всех рассматриваемых систем рассчитанные матрицы Т и Р представлены в Приложении Б и В, соответственно.

Среди полученного набора главных компонент матрицы счета выбираются такие соотношения, которые удовлетворительно классифицируют исходные образцы. На рисунке 7 представлены данные матрицы счета (Т) в проекции по главным компонентам PC1 И PC2. Особенность расположения соответствующих значений матрицы счета в пространстве выбранных главных компонент позволяет выделить отдельные области, которые разделяют дизельное топливо и бензины по маркам. Что и

может рассматриваться в качестве классификационного признака идентификации углеводородного топлива.

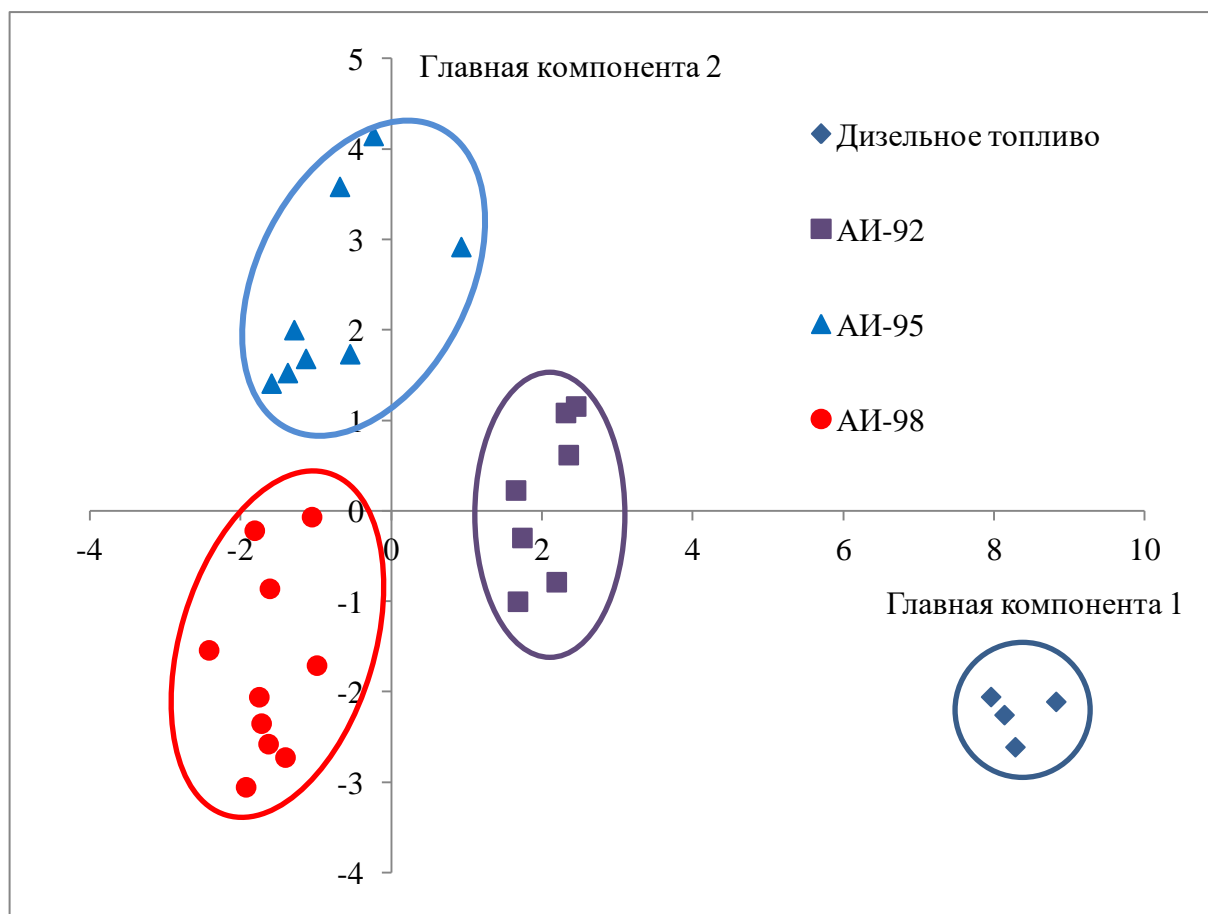


Рисунок 7- Графики Т-счетов метода главных компонент

Эту классификацию можно проверить с помощью обработки спектральных данных новых образцов топлива матрицей нагрузки с получением соответствующих значений матрицы счета. Эти значения откладываются на поле координат главных компонент (рисунок 7). Проведенные проверки показали эффективность полученной классификации.

3 Безопасность жизнедеятельности

С развитием научно-технического прогресса немаловажную роль играет возможность безопасного исполнения людьми своих трудовых обязанностей. В связи с этим была создана и развивается наука о безопасности труда и жизнедеятельности человека.

Охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасности условий труда, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма составляет одну из главных забот человеческого общества. Обращается внимание на необходимость широкого применения прогрессивных форм научной организации труда, сведения к минимуму ручного, малоквалифицированного труда, создания обстановки, исключаяющей профессиональные заболевания и производственный травматизм.

На рабочем месте должны быть предусмотрены меры защиты от возможного воздействия опасных и вредных факторов производства. Уровни этих факторов не должны превышать предельных значений, оговоренных правовыми, техническими и санитарно-техническими нормами. Эти нормативные документы обязывают к созданию на рабочем месте условий труда, при которых влияние опасных и вредных факторов на работающих либо устранено совсем, либо находится в допустимых пределах.[5]

3.1 Общая характеристика объекта

Параметры помещения лаборатории химического анализа, находящегося в здании четвертого корпуса СФУ, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры кабинета охраны труда

Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Площадь, м ²	Объем, м ³
4	9	3	36	108

3.2 Микроклимат

4

Микроклиматом помещений - состояние внутренней среды здания или помещения, оказывающее как положительное, так и отрицательное воздействие на человека, которое характеризуется показателями температуры, подвижности и влажности воздуха.

Для поддержания температуры в помещении предусмотрена водяная система отопления и естественная вентиляция, которая осуществляется с помощью открывания дверных проемов и форточек.

Исследования температуры воздуха в помещении лаборатории химического анализа представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Требуемые и фактические значения температуры воздуха

Параметры	Помещение охраны труда	
	Требуемое значение	Фактическое значение
Температура воздуха в помещении лаборатории	17-20 °С.	20 °С.

Из данных таблицы 18 делаем вывод, что температурный режим находится в пределах нормы определенной СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях».

3.3 Анализ условий проведения эксперимента в отношении возможных опасных и вредных факторов

Данная исследовательская работа проводилась в лаборатории «Центра коллективного пользования СФУ» Задачей работы являлась разработка метода идентификации углеводородного топлива методом инфракрасной спектроскопии в целях решения задач пожарно-технической экспертизы .

В помещении лаборатории были выявлены следующие опасные факторы:

1) Физические опасные и вредные производственные факторы:

- движущееся оборудование, подвижные части.
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.

- повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов.
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны.
- повышенная или пониженная подвижность воздуха.
- повышенная или пониженная ионизация воздуха.
- повышенный уровень инфра-, ультразвуковых колебаний.
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов, оборудования.
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.
- повышенный уровень электромагнитных излучений.
- отсутствие или недостаток естественного света, недостаточное освещение рабочего места.

2) Химические опасные и вредные производственные факторы.

3) Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы.

3.4 Краткая физико-химическая и токсикологическая характеристика применяемых при исследовании веществ и материалов и меры для обеспечения безопасности при работе с этими веществами.

В процессе работы использовались следующие вещества:

- бензин;
- дизельное топливо;
- гексан.

Рассмотрим влияние этих веществ на организм человека.

Бензин - легковоспламеняющаяся жидкость.

Молекулярный вес - 100; температура кипения - 97°C, плотность - 760 кг/м³, бесцветная жидкость с характерным запахом, растворимость в воде - 0,001- 0,0017% .

Границы распространения пламени 0,76-5,16 об.%, температура самовоспламенения автомобильных бензинов от 225 до 370°C; температура вспышки - минус 27 - минус 39 °C, температурные границы вспышки: нижний - минус 27 - минус 39 °C, верхний - минус 8 - минус 27°C, удельная

теплота сгорания - 43700 кДж/кг. Концентрационные границы взрываемости в смеси с воздухом (1- 6)%.

Бензин - вещество 4 класса опасности (малоопасное), ПДК в воздухе рабочей зоны - 100 мг/м³.

Класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»:

при ингаляционном воздействии - 3 (вещества умеренно опасные);

при попадании в желудок - 4 (вещества малоопасные);

при попадании на кожу - 3 (вещества умеренно опасные).

При влиянии высоких концентраций паров бензина на человека возможны молниеносные отравления: наступает потеря сознания и, если пострадавший остается в отравленной атмосфере (например, в цистерне при зачистке емкостей), наступает быстрая смерть. При хроническом отравлении наблюдаются функциональные нервные расстройства (неврастения, истерия), сопровождаемые мышечной слабостью, вялостью, усталостью, сонливостью или бессонницей.

При невысоких концентрациях отравление выражается головной болью, учащенным сердцебиением, слабостью. При попадании на кожу бензин может вызвать острые и хронические воспаления кожи.

Дизельное топливо - представляет собой легковоспламеняющееся вещество.

Молекулярный вес - 204; температура кипения - 246 °С, плотность - 860 кг/м³, бесцветная жидкость с характерным запахом.

ДТ- горючая жидкость, нижняя граница распространения пламени 0,5 об. %, температура вспышки - 65°С, температурные границы вспышки: нижний 58°С, верхний - 108°С, удельная теплота сгорания - 42000 кДж/кг.

Взрывоопасная концентрация паров топлива в смеси с воздухом от 2% до 3%.

Температура самовоспламенения дизельного топлива марки Л - 300С, марки 3 - 310С.

Дизтопливо - вещество 4 класса опасности по ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» малоопасное вещество, ПДК в воздухе рабочей зоны - 300 мг/м³.

Негативное влияние дизтоплива на человека - возможны отравления, раздражение слизистой оболочки, попадания на кожу. При отравлениях парами ДТ наступает потеря сознания и, если пострадавший остается в отравленной атмосфере (например, в цистерне при зачистке емкостей), наступает быстрая смерть. При хроническом отравлении наблюдаются функциональные нервные расстройства (неврастения, истерия), сопровождаемые мышечной слабостью, вялостью, усталостью, сонливостью или бессонницей.

При невысоких концентрациях отравление выражается головной болью, учащенным сердцебиением, слабостью. При попадании на кожу ДТ может вызвать острые и хронические воспаления кожи.

При отравлении парами нефтепродукта пострадавшим необходимо оказать первую помощь

- немедленно вынести или вывести пострадавшего на чистый воздух, вызвать врача;
- при состоянии возбуждения обеспечить покой, дать успокоительные капли (валерьяновые), при ослаблении дыхания или обмороке дать понюхать нашатырный спирт. После восстановления дыхания желательно больного напоить крепким кофе или чаем;
- при резком ослаблении дыхания или остановке дыхания немедленно начинать искусственное дыхание до восстановления самостоятельного дыхания; рекомендуется срочная госпитализация;
- если нефтепродуктами раздражены слизистые оболочки глаз, их промывают 2% раствором соды, холодным чаем, чистой водой;

- при попадании в желудок - дать 2-3 ложки вазелинового масла, потом промыть желудок и направить потерпевшего в лечебное заведение.

Предупредительной мерой против выброса нефтепродукта является герметизация опасного оборудования, в котором хранится или транспортируется топливо.

При работе с нефтепродуктами спецодежда применяется согласно ГОСТ 12.4.111-82 «Костюмы мужские для защиты от нефти и нефтепродуктов. Технические условия» и ГОСТ 12.4.112-82 «Костюмы женские для защиты от нефти и нефтепродуктов. Технические условия».

Открытые участки кожи при работе с горюче-смазочными материалами нужно защищать профилактическими пастами (например, такими как «биологические перчатки»).

При загорании топлива необходимо соблюдать следующие меры:

- загоревшиеся нефтепродукты нельзя заливать водой, так как продукт растекается по поверхности воды и пламя усиливается;
- для ликвидации огня нужно как можно быстрее прекратить доступ воздуха к горящему предмету: закрыть брезентом, кошмой, одеялом, засыпать песком, использовать огнетушители;
- разлившийся горящий нефтепродукт огораживают барьером из песка, а затем тушат огонь.

Гексан представляет собой бесцветную подвижную, легковоспламеняющуюся жидкость со слабым запахом напоминающим дихлорэтан, хорошо растворим в органических растворителях, не растворим в воде.

Гексан сильно огнеопасен. Категория взрывоопасности и группа взрывоопасных смесей - ПА-ТЗ. Не допускать открытого огня, искр и курения. Температура самовоспламенения: 240° С.

Пределы взрываемости, объем% в воздухе - 1,1-7,5. Смеси пар/воздух взрывоопасны. Не использовать сжатый воздух для

заполнения, выпуска или при обращении. Использовать инструменты, не дающие искр.

При вдыхании - головокружение, сонливость, вялость, головная боль, затрудненное дыхание, тошнота, потеря сознания, слабость. Необходимо - вентиляция, местная вытяжка или защита органов дыхания. Свежий воздух, покой. Обратиться за медицинской помощью.

Кожа - сухость кожи, покраснение. Необходимо использовать защитные перчатки. В случае попадания на кожу:

- удалить загрязненную одежду;
- ополоснуть и затем промыть кожу водой с мылом;
- обратиться за медицинской помощью.

Глаза – покраснение, боль. Использовать защитные очки-маска, защитная маска или защита глаз в сочетании с защитой органов дыхания. При попадании в глаза вначале промыть большим количеством воды в течение нескольких минут, затем доставить к врачу.

Проглатывание - боль в животе. В случае проглатывания:

- не принимать пищу,
- не пить и не курить во время работы,
- прополоскать рот,
- не вызывать рвоту,
- покой, обратиться за медицинской помощью.

При утечке как можно скорее собрать подтекающую и пролитую жидкость в герметичные контейнеры. Засыпать оставшуюся жидкость песком или инертным абсорбентом, собрать и удалить его в безопасное место. Не сливать в канализацию. (дополнительная личная защита: автономный дыхательный аппарат).

Хранить защищенным от огня, отдельно от сильных окислителей, хорошо закрытым.

3.5 Характеристика помещения для проведения работ, расчет естественного освещения.

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещённости, соответствующей характеру зрительной работы.

Лаборатория, в которой проводилась работа, имеет общую площадь 36 м². Естественное освещение осуществляется через два боковых окна. Общая площадь окон 7,6 м². Высота помещения 3,2 м.

Номинальная освещённость в рабочем помещении зависит от характера выполняемых работ. Данную работу можно отнести к работе средней точности, так как наименьший размер объекта различения 0,5-1,0 мм, что соответствует IV разряду зрительной работы по СНиП 23-05-95. В связи с тем, что г. Красноярск расположен в II поясе светового климата, нормы освещённости при искусственном освещении составляют 200 лк, коэффициент естественного освещения $e_n=1,5$, коэффициент светового климата $m_n=0,9$.

Для оценки качества естественного освещения необходимо сравнить расчётное значение коэффициента естественной освещённости e_p с нормированным, который определяется с учётом характера зрительной работы, системы освещения, района расположения здания на территории России.

Нормированное значение КЕО определяется по формуле:

$$e_n = e_n \cdot m_n, \quad (3.1)$$

где n – номер группы обеспеченности естественным светом;

e_n – значение КЕО;

m_n – коэффициент светового климата.

$$e_n = 1,5 \cdot 0,9 = 1,35 \quad (3.2)$$

Расчётные значения КЕО (e_p) при боковом освещении определяется из формулы:

$$100 \frac{S_0}{S_n} = \frac{e_p \cdot \eta_0}{\tau_0 \cdot r_1} K_{зд} K_3 \quad (3.3)$$

Где S_0 – площадь окон, m^2 ;

S_n – площадь пола, m^2 ;

τ_0 – общий коэффициент светопропускания, $\tau_0 = 0,5$;

η_0 – световая характеристика окна;

r_1 – коэффициент, учитывающий влияние отражённого света при боковом освещении ($r_1 = 1,5-3,0$);

$K_{зд}$ – коэффициент, учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями ($K_{зд} = 1,4$);

K_3 – коэффициент запаса ($K_3 = 1,3$).

$$e_p = 100 \frac{S_0 \cdot \tau_0 \cdot r_1}{S_n \cdot \eta_0 \cdot K_{зд} \cdot K_3} \quad (3.4)$$

$$e_p = 100 \cdot \frac{7,6 \cdot 0,5 \cdot 2,8}{36 \cdot 1,5 \cdot 1,4 \cdot 1,3} = 1,4 \quad (3.5)$$

Таким образом, расчётный коэффициент естественного освещения больше нормативного, следовательно, в лаборатории обеспечена нормальная освещённость. В вечернее время естественного освещения недостаточно, и в качестве источника искусственного света применяются люминесцентные лампы мощностью 30 Вт.

4 Экономическая часть

Целью данной исследовательской работы является разработка метода идентификации бензина разных марок и дизельного топлива методом инфракрасной спектроскопии в целях решения задач пожарно-технической экспертизы.

4.1 Смета затрат на проведение исследований

Для выполнения данного исследования потребуются следующие ресурсы: основные и вспомогательные материалы для проведения эксперимента; средства для оплаты энергетических затрат, заработной платы исполнителей, социальных нужд, накладных расходов и амортизации основного оборудования. Расчеты выполнены по элементам затрат в виде сметы и представлены в таблицах.

Стоимость основных и вспомогательных материалов приведена в таблице 5.

В ходе исследования проводились работы, которые требовали определенных энергетических затрат.

Стоимость израсходованной электроэнергии определяется по формуле:

$$C_{\text{Э}} = \text{Ц} \cdot N \cdot \tau, \text{ руб.}, \quad (4.1)$$

где Ц - цена за 1 кВт·час электроэнергии;

N - мощность оборудования, кВт;

τ - время использования оборудования при проведении исследований, ч.

Таблица 5 – Стоимость основных и вспомогательных материалов

Материал	Количество, л	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
92 бензин АЗС «25 часов»	1	33,2	33,2
95 бензин АЗС «25 часов»	1	36,4	36,4
98 бензин АЗС «25 часов»	1	41,5	41,5
92 бензин АЗС «Газпромнефть»	1	33,25	33,25
95 бензин АЗС «Газпромнефть»	1	37,3	37,3
95 GD бензин АЗС «Газпромнефть»	1	40	40
98 GD бензин АЗС «Газпромнефть»	1	42	42
92 бензин АЗС «Сангилен+»	1	34,2	34,2
95 бензин АЗС «Сангилен+»	1	36,7	36,7
98 бензин АЗС «Сангилен+»	1	39,8	39,8
95 бензин АЗС «Лукойл»	1	37,74	37,74
Дизельное топливо АЗС «Омск»	1	34,65	34,65
Итого:	12	-	446,74

Стоимость энергии за 1кВт·ч примем равной 1,6 руб.

Перечень затрат на электроэнергию представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Затраты на электроэнергию

Оборудование	Суммарно установленная мощность оборудования, кВт	Фактически отработанное студентом время на этом оборудовании, час	Стоимость, руб.
Шкаф вытяжной	1,05	10	16,8
ИК-Фурье-спектрометр Nicolet 380	3,5	20	112
Компьютер	0,45	20	14,4
Итого	-	-	143,2

При составлении сметы затрат учитывается заработная плата научного руководителя, консультантов по экономике и безопасности жизнедеятельности в расчёте на одного дипломника и стипендия дипломника.

Для расчетов примем среднемесячную зарплату консультантов равным 20000 руб, руководителя – 15000 руб., стипендия студента – 2475 руб.

Заработная плата определяется по формуле:

$$\text{Заработная_плата} = \frac{a \cdot 12}{T} \cdot \tau, \text{ руб.} \quad (4.2)$$

где a - среднемесячная зарплата, руб.;

12 - число месяцев в году;

T - плановый фонд рабочего времени преподавателя, ч;

τ - количество часов, затраченных на работу с дипломником, ч.

Перечень затрат на заработную плату представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Затраты на заработную плату

Должность	Плановый фонд рабочего времени, ч	Суммарная заработная плата
научный руководитель, к.х.н.	26	3038,96
консультант по экономике, профессор	4	623,38
консультант по охране труда, доцент	4	467,53
Исследователь	3 мес.	7425
Итого	-	11554,87

Отчисления на социальные нужды составляют 34 % от общего фонда заработной платы:

$$ЕСН = 0,34 \cdot 11554,87 = 3928,66 \text{ руб.} \quad (4.3)$$

Исследования, проведенные в данной работе, требовали использования определенного оборудования.

Расчет амортизационных отчислений за час работы оборудования с учетом стоимости оборудования, годовой нормы амортизации и годового фонда работы оборудования:

$$A = \frac{C \cdot H_A \cdot \tau}{100 \cdot 2000}, \text{ руб.} \quad (4.4)$$

где A - амортизационные отчисления, руб/час;

C – стоимость оборудования, руб;

τ - время использования оборудования при проведении работы, ч;

2000 - действительный фонд рабочего времени оборудования, ч (режим работы 8 часов в сутки и 250 дней в год)

H_A – годовая норма амортизации, %.

Амортизационные расходы приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Амортизационные расходы

Наименование оборудования	Кол-во, шт	Цена, руб.	Н _а , %	Аморт-я, руб/час	τ, час	Общая сумма, руб.
Шкаф вытяжной	1	207000	8	1,9	10	19
ИК-спектрометр	1	600000	10	6,8	20	136
Компьютер	1	45000	10	0,51	20	10,2
Итого	-	-	-	-	-	165,2

Накладные расходы составляют 25 % от общей суммы затрат.

В таблице 9 приведена полная смета затрат на проведение эксперимента по всем статьям расходов.

Составлена смета затрат на выполнение работы, суммарные затраты составляют 20298,34.

4.2 Расчет экономической эффективности применения метода инфракрасной спектроскопии.

Для идентификации углеводородного топлива используют 2 метода: инфракрасную спектроскопию и газовую хроматографию. Для того, чтобы наглядно увидеть экономические преимущества применения метода инфракрасной спектроскопии перед методом газовой хроматографии, следует рассчитать затраты на выполнение одного анализа каждым методом.

Таблица 9 – Суммарные затраты

Статьи расходов	Сумма затрат, руб.
Основные и вспомогательные материалы	446,74
Расход электроэнергии	143,2
Заработная плата исполнителей	11554,87
ЕСН	3928,66
Амортизация оборудования	165,2
Накладные расходы	4059,67
Итого:	20298,34

В расчетах будут учтены следующие затраты на проведение анализа: затраты на электроэнергию, амортизационные расходы, заработная плата сотруднику. На проведение одного анализа методом инфракрасной спектроскопии потребуется 10 минут, а методом газовой хроматографии- 40 минут.

Заработную плату сотруднику за 1 месяц примем равной 25000 рублей, а количество рабочих часов в неделю- 40.. Значит, зарплата сотрудника за 10 минут составит 26 рублей, а за 40 минут-104 рубля.

Стоимость израсходованной электроэнергии определяется по формуле:

$$C_{\text{э}} = \text{Ц} \cdot \text{N} \cdot \tau, \text{ руб.}, \quad (4.5)$$

где Ц - цена за 1 кВт·час электроэнергии;

N - мощность оборудования, кВт;

τ - время использования оборудования при проведении анализа, ч.

Стоимость энергии за 1кВт·ч примем равной 1,6 руб.

Перечень затрат на электроэнергию представлен в таблицах 10 и 11.

Таблица 10 – Затраты на электроэнергию (метод ИК-спектроскопии)

Оборудование	Суммарно установленная мощность оборудования, кВт	Время проведения одного анализа, час	Стоимость, руб.
Шкаф вытяжной	1,05	0,17	0,29
ИК-Фурье-спектрометр Nicolet 380	3,5	0,17	0,95
Компьютер	0,45	0,17	0,12
Итого	-	-	1,36

Таблица 11- Затраты на электроэнергию (метод газовой хроматографии)

Оборудование	Суммарно установленная мощность оборудования, кВт	Время проведения одного анализа, час	Стоимость, руб.
Шкаф вытяжной	1,05	0,67	1,13
Газовый хроматограф	0,9	0,67	0,97
Компьютер	0,45	0,67	0,48
Итого	-	-	2,58

Расчет амортизационных отчислений за время проведения анализа оборудования с учетом стоимости оборудования, годовой нормы амортизации и годового фонда работы оборудования:

$$A = \frac{C \cdot H_a \cdot \tau}{100 \cdot 2000}, \text{ руб} \quad (4.6)$$

где A - амортизационные отчисления, руб/час;

C – стоимость оборудования, руб;

τ - время использования оборудования при проведении работы, ч;

2000 - действительный фонд рабочего времени оборудования, ч (режим работы 8 часов в сутки и 250 дней в год)

H_a – годовая норма амортизации, %.

Амортизационные расходы приведены в таблицах 12 и 13.

Таблица 12 – Амортизационные расходы(метод ИК-спектроскопии)

Наименование оборудования	Кол-во, шт	Цена, руб.	H_a , %	τ , час	Общая сумма, руб.
Шкаф вытяжной	1	207000	8	0,17	1,4
ИК-спектрометр	1	600000	10	0,17	5,1
Компьютер	1	45000	10	0,17	0,4
Итого	-	-	-	-	6,9

Таблица 13 – Амортизационные расходы(метод газовой хроматографии)

Наименование оборудования	Кол-во, шт	Цена, руб.	Н _а , %	τ, час	Общая сумма, руб.
Шкаф вытяжной	1	207000	8	0,67	5,5
Газовый хроматограф	1	445000	10	0,67	14,9
Компьютер	1	45000	10	0,67	1,5
Итого	-	-	-	-	21,9

Расходы на проведение одного анализа методом инфракрасной спектроскопии составляют:

$$6,9+1,36+26=34,26 \text{ руб.} \quad (4.7)$$

Расходы на проведение одного анализа методом газовой хроматографии составляют:

$$21,9+2,58+104=128,48 \text{ руб.} \quad (4.8)$$

При использовании метода инфракрасной спектроскопии выгода составит:

$$128,48-34,26=116,12 \text{ руб.} \quad (4.9)$$

Расчеты показали, что использование метода инфракрасной спектроскопии для определения нефтепродукта, будет экономически выгоднее, чем применение метода газовой хроматографии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Проведено ИК-спектроскопическое исследование веществ (бензинов марки АИ-92, АИ-95, АИ-98 и дизельного топлива)
- На основании применения метода главных компонент к спектральным данным получены матрица счета (Т) и нагрузок (Р). Используя матрицу счета и определив основные главные компоненты, была создана классификация бензинов и дизельного топлива.
- Реализован подход, позволяющий идентифицировать инициаторы горения, такие как бензин и дизельное топливо методом инфракрасной спектроскопии в целях решения задач пожарно-технической экспертизы для формирования доказательной базы.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ЛВЖ- Легковоспламеняющаяся жидкость;

ГЖ- Горючая жидкость;

ИК- Инфракрасный;

ГОСТ- Государственный стандарт;

СНиП- Строительные нормы и правила;

ПУЭ- Правила установки электроустановок;

ПТЭ- Пожарно- техническая экспертиза;

ЦКП- Центр коллективного пользования;

РСА- (англ. Principal Components Analysis) Метод главных компонент.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. [1]- СВЕДЕНИЯ О ПОЖАРАХ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ за январь-март 2017 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2017_god
2. [2]- Техническое обеспечение расследования поджогов, совершенных с применением инициаторов горения [Электронный ресурс]. Режим доступа http://biblo-ok.ru/warm-ok/Bezopasnost_zhiznedeiatelnosti/241148.php
3. [3]-Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе [Электронный ресурс]- Режим доступа: <http://www.bibliorossica.com/book.html?&currBookId=4448>
4. [4]-Флуориметрический метод контроля содержания нефтепродуктов в водах // Люмэкс [Электронный ресурс]- Режим доступа: <http://www.lumex.ru/library/publication1.pdf> .
5. [5]-Винарский В.А. Хроматография: Курс лекций: В 2 ч. Ч. 1. Газовая хроматография/ В.А. Винарский. – Мн.: БГУ, 2002. – 192 с.
6. [6]- Анализ нефтепродуктов методом ИК-спектроскопии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2016/1654/21941>
7. [7]- Хемометрический подход к исследованию больших массивов химических данных. О.Е. Родинова // Ж.Российского хим.общества им. Д.И. Менделеева. - 2006, Т. L, №2. - С.128-144
8. [8]- Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы. -М.: МГУ, 2012. — 54 с.
9. [9]- Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Москва. МГУ им. М.В. Ломоносова. 2012. 55 с.
http://studbooks.net/508380/bzhd/fiziko_himicheskaya_toksikologicheskaya_harakteristika_opasnyh_veschestv

10. [10]- Таблица характеристических частот в инфракрасной спектроскопии [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Таблица_характеристических_частот_в_инфракрасной_спектроскопии
11. [11]- Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=89958
- 12.[12]- Физико-химическая и токсикологическая характеристика опасных веществ - Анализ опасностей, возможных аварий и их последствий при эксплуатации стационарной АЗС - Студенческая библиотека онлайн [Электронный ресурс]. Режим доступа:

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1-Таблица спектральных интенсивностей для расчета методом главных компонент.

Наименование образца	Интенсивность спектра при волновом числе, отн.ед.												
	806	850	1037	1085	1203	1365	1378	1463	1496	1606	2871	2927	3027
АИ-92	0.933	-1.257	-0.136	-1.324	-1.330	-1.420	-0.040	0.035	-0.253	0.098	1.058	0.666	0.040
АИ-92	-0.541	-1.354	0.954	-1.076	-1.078	-1.222	-0.535	-0.619	-0.727	-0.429	0.192	0.163	-0.739
АИ-92	-0.970	-1.382	0.599	-1.298	-1.346	-1.345	-1.402	-1.094	-0.707	-0.883	-0.096	-0.036	-0.661
АИ-92	-0.142	-1.372	0.780	-1.301	-0.890	-1.333	-0.971	0.311	0.080	-0.861	-0.014	0.054	-0.451
АИ-92	-1.023	-1.418	-0.734	-1.268	-1.310	-1.212	-0.602	-0.577	-0.506	-0.576	0.268	0.122	-0.497
АИ-92	-0.636	-1.318	-0.571	-1.241	-1.236	-1.090	0.597	0.373	-0.001	-0.045	0.665	0.300	0.036
АИ-92	-0.291	-1.377	-0.354	-1.263	-1.315	-1.135	0.533	0.567	0.150	0.060	0.732	0.292	0.241
АИ-95	1.545	0.845	0.354	0.720	0.700	0.902	0.706	0.622	0.541	0.774	-0.205	-0.334	0.685
АИ-95	1.619	-0.382	1.170	-0.863	-1.064	-0.204	1.719	0.933	0.549	0.766	0.680	0.010	0.618
АИ-95	1.545	0.085	0.354	0.720	0.700	0.902	0.706	0.622	0.541	0.774	-0.205	-0.334	0.685
АИ-95	0.335	-0.310	1.905	-0.239	-0.339	-0.838	-1.074	-0.581	1.329	1.282	-0.873	-0.197	1.114
АИ-95	0.944	-0.147	0.476	-0.054	-0.176	-0.414	1.420	1.802	2.199	1.993	0.513	0.248	2.093
АИ-95	0.086	-0.156	1.003	-0.034	-0.119	-0.587	-0.554	-0.228	1.256	1.187	-0.715	-0.227	1.108
АИ-95	-0.090	0.007	0.463	0.273	0.135	-0.134	0.509	0.560	1.150	0.961	0.213	0.052	1.190
АИ-95	2.672	0.729	0.719	0.217	0.222	-0.067	1.455	1.686	0.978	1.658	0.321	0.042	1.252
АИ-98	-1.268	0.304	-0.309	0.570	0.571	0.979	-0.100	-0.867	-0.238	-0.520	-0.388	-0.422	-0.345
АИ-98	-0.335	-0.095	-0.701	0.482	0.577	0.993	0.382	-0.340	0.486	0.574	-0.192	-0.392	0.319
АИ-98	-0.383	0.939	-0.208	1.047	1.090	0.852	-0.705	-0.798	-0.643	-0.617	-0.853	-0.636	-0.643
АИ-98	-0.002	1.138	-0.584	1.209	1.239	1.196	0.401	0.193	-0.098	-0.136	-0.264	-0.428	-0.019
АИ-98	-0.554	0.807	-0.958	1.019	1.050	0.844	-0.990	-1.053	-0.545	-0.560	-0.921	-0.623	-0.517
АИ-98	-0.983	0.949	-0.600	0.982	1.016	0.705	-1.487	-1.570	-0.777	-0.876	-1.252	-0.738	-0.819
АИ-98	-0.363	1.981	1.246	1.070	1.058	0.915	-0.825	-0.780	-0.394	-0.510	-0.750	-0.559	-0.360
АИ-98	-0.755	0.910	-0.870	1.044	1.068	0.854	-0.914	-1.026	-0.693	-0.756	-0.848	-0.604	-0.613

Окончание таблицы А1- Таблица спектральных интенсивностей для расчета методом главных компонент.

Наименование образца	Интенсивность спектра при волновом числе, отн.ед.												
	806	850	1037	1085	1203	1365	1378	1463	1496	1606	2871	2927	3027
АИ-98	0.495	1.057	0.002	1.034	1.012	1.065	0.025	0.047	0.158	0.127	-0.332	-0.393	0.240
АИ-98	-1.008	0.943	-0.915	1.109	1.172	0.894	-0.531	-0.800	-0.764	-0.888	-0.652	-0.598	-0.832
ДТ	-0.829	-0.129	-3.083	-1.532	-1.408	-1.521	2.279	2.583	-3.069	-2.598	3.916	4.573	-3.086

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б1- Матрица счета (Т)

PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11	PC12	PC13
2.454	1.155	0.967	0.383	-0.623	-0.697	-0.444	0.007	-0.251	-0.244	-0.091	0.080	0.014
1.740	-0.298	2.190	0.698	-0.087	0.427	-0.135	0.241	0.375	-0.195	-0.044	-0.023	-0.014
1.681	-1.003	3.056	0.453	-0.053	0.065	-0.039	-0.022	-0.073	-0.066	0.095	-0.027	-0.002
1.655	0.227	2.100	0.647	0.026	-0.124	1.043	0.123	-0.103	0.078	-0.101	0.046	0.011
2.196	-0.787	1.967	-0.691	-0.337	-0.199	-0.085	-0.240	-0.013	0.041	0.014	-0.037	-0.033
2.355	0.618	0.852	-0.948	-0.205	0.227	0.050	-0.289	0.134	0.013	0.001	0.009	0.048
2.318	1.084	0.866	-0.756	-0.236	0.124	0.143	-0.247	0.018	-0.046	0.059	-0.024	0.010
-1.587	1.408	-1.589	0.487	-0.401	-0.101	0.014	0.016	-0.054	0.069	0.034	-0.013	0.013
0.931	2.918	-0.511	0.763	-0.684	0.884	-0.214	-0.228	-0.018	0.164	-0.005	0.126	-0.029
-1.372	1.525	-1.295	0.262	-0.701	-0.071	0.178	0.484	0.077	-0.062	0.116	0.027	0.010
-1.286	2.000	2.151	0.515	0.907	-0.351	-0.303	0.216	0.067	0.136	-0.001	0.040	-0.002
-0.233	4.146	-1.049	-1.051	0.766	-0.123	0.220	-0.122	-0.016	-0.049	-0.013	0.016	-0.035
-1.130	1.682	1.279	-0.198	0.750	-0.359	-0.163	0.006	0.133	0.126	0.013	0.044	0.016
-0.545	1.733	-0.264	-0.714	0.795	0.155	0.011	0.047	-0.025	-0.269	0.028	0.071	0.006
-0.680	3.583	-2.023	0.856	-0.316	-0.488	-0.002	-0.308	0.236	-0.024	-0.063	-0.044	0.027
-0.985	-1.709	-0.001	-0.667	0.100	0.739	-0.125	0.151	-0.073	0.029	-0.009	0.070	0.041
-1.051	-0.068	-0.541	-1.229	-0.337	0.188	-0.263	0.337	-0.028	0.097	-0.162	-0.065	0.000
-1.751	-2.058	-0.292	0.336	-0.101	-0.048	0.096	-0.016	0.173	-0.043	-0.005	0.030	-0.010
-1.610	-0.860	-1.748	-0.262	-0.056	0.124	0.213	-0.083	0.044	-0.122	-0.002	0.016	0.005
-1.720	-2.350	-0.152	-0.280	-0.240	-0.527	-0.044	-0.067	0.008	0.047	0.011	0.024	-0.011
-1.926	-3.054	0.553	0.052	-0.003	-0.396	-0.100	-0.149	0.062	0.106	0.004	0.066	0.006
-2.417	-1.540	-0.241	1.386	0.888	0.548	-0.106	-0.295	-0.153	-0.082	-0.044	-0.057	0.014
-1.628	-2.577	-0.218	-0.202	-0.119	-0.317	0.004	-0.123	0.021	-0.022	0.036	0.040	0.014
-1.812	-0.218	-1.238	0.217	-0.025	-0.066	0.067	0.046	-0.168	-0.070	0.023	-0.018	-0.024
-1.404	-2.725	-0.567	-0.311	-0.040	0.018	0.145	-0.145	0.173	-0.103	-0.074	0.075	-0.028

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В1. Матрица нагрузки (Р)

-0.071	0.389	-0.229	0.524	-0.540	-0.413	-0.042	0.063	-0.121	0.052	-0.022	0.172	-0.021
-0.284	-0.154	-0.388	0.296	0.395	-0.039	-0.215	-0.617	-0.172	0.172	-0.107	-0.052	0.004
-0.185	0.297	0.300	0.610	0.302	0.509	0.042	0.206	0.066	-0.127	0.018	-0.013	0.024
-0.366	-0.140	-0.270	-0.042	0.125	-0.093	-0.024	0.190	0.224	-0.370	0.371	0.277	-0.556
-0.357	-0.163	-0.270	-0.023	0.103	-0.151	0.238	0.307	0.190	-0.258	-0.447	0.058	0.531
-0.341	-0.145	-0.307	-0.097	-0.261	0.381	-0.053	0.371	-0.425	0.289	0.137	-0.348	-0.021
0.177	0.251	-0.453	-0.168	-0.181	0.540	-0.160	-0.139	0.345	0.074	-0.023	0.393	0.150
0.220	0.287	-0.381	0.021	0.168	-0.033	0.687	-0.075	0.123	0.033	0.170	-0.401	-0.104
-0.212	0.403	0.086	-0.311	0.247	-0.034	0.221	0.082	-0.311	0.310	-0.379	0.387	-0.292
-0.187	0.430	-0.004	-0.201	0.072	-0.156	-0.477	0.084	0.395	0.038	-0.193	-0.515	-0.127
0.389	0.077	-0.237	-0.002	0.069	0.109	-0.192	0.077	-0.441	-0.603	-0.346	-0.113	-0.192
0.381	-0.009	-0.227	0.109	0.473	-0.233	-0.273	0.485	-0.044	0.317	0.225	0.146	0.170
-0.213	0.413	0.050	-0.277	0.106	-0.084	-0.073	-0.156	-0.319	-0.310	0.501	0.045	0.455
-0.213	0.413	0.050	-0.277	0.106	-0.084	-0.073	-0.156	-0.319	-0.310	0.501	0.045	0.455